青稞秸秆对生长期藏绵羊体增重及免疫指标的影响

周小玲[1,2,3]　颜琼娴[1,4*]　童海鸥[1,4]　周传社[1,5]　汤少勋[1,5]　韩雪峰[1,4]　谭支良[1,5*]

（1.中国科学院亚热带农业生态研究所，亚热带农业生态过程重点实验室，湖南省畜禽健康养殖工程技术中心，农业部中南动物营养与饲料科学观测实验站，长沙 410125；2.中国科学院大学，北京 100049；3.塔里木大学动物科学学院，阿拉尔 843300；4.湖南省植物功能成分利用协同创新中心，长沙 410128；5.湖南畜禽安全生产协同创新中心，长沙 410128）

摘　要：本试验用青稞秸秆替代燕麦干草作为唯一粗饲料来源，研究其对生长期藏绵羊体增重及免疫功能的影响。选择 18 只 4~5 月龄健康河谷型藏绵羊，随机分为 2 组，即：青稞组（青稞秸秆 300 g/d+精料 300 g/d）和燕麦组（燕麦干草 300 g/d+精料 300 g/d）。试验期 4 周，第 1 周为预试期，第 2～4 周为正试期。正试期结束后，按公母各占 1/2 原则，各组分别选取 6 只羊屠宰采样。结果发现：青稞组与燕麦组藏绵羊的体重、日增重、脾脏重和脾脏指数均差异不显著（$P>0.05$）；青稞组与燕麦组藏绵羊血清中免疫球蛋白（Ig）G、IgA、IgM 溶菌酶含量和酸性磷酸酶活性均差异不显著（$P>0.05$），但青稞组中溶菌酶含量有高于燕麦组的趋势（$P=0.083$）；青稞组与燕麦组血清、胸腺和脾脏白细胞介素（IL）-2、IL-4、IL-6、IL-10 和干扰素 γ(IFN-γ)含量均差异不显著（$P>0.05$）。综合来看，与燕麦干草相比，饲喂青稞秸秆不会降低生长期藏绵羊的体增重及免疫性能，且有提高机体非特异性免疫因子（溶菌酶）含量的潜力，可作为藏绵羊的粗饲料来源。

关键词：青稞秸秆；体增重；免疫指标；藏绵羊

中图分类号：S826

粗饲料是青藏高原地区畜牧业发展中的主要制约因素，近年来青稞籽实资源的开发利用产生大量青稞秸秆，开发本地大宗青稞秸秆资源的饲用价值可缓解尖锐的草畜矛盾。但目前在高原农区青稞秸秆大部分被废弃或用作燃料，仅少部分作为牧区冬春季饲草资源开发利用[1-2]。青稞秸秆纤维较普通麦草更加细小，纤维长度较一般麦草短，较普通麦草更加适口[3]，在秸秆类粗饲料中营养价值中等且较全面[4-6]，作为青藏高原地区的大宗粗饲料具有较广阔

收稿日期：2016-04-25
基金项目：中国科学院科技服务网络计划（KFJ-EW-STS-071）
作者简介：周小玲(1983-)，女，四川内江人，副研究员，博士研究生，研究方向为畜产品品质及营养调控。E-mail： zxldky@126.com
*通信作者：颜琼娴，助理研究员，E-mail： yanqx14@isa.ac.cn；谭支良，研究员，博士生导师，E-mail： zltan@isa.ac.cn

的应用前景。

青稞籽实中 β-葡聚糖含量为 3.66%~8.62%，而青稞秸秆中 β-葡聚糖含量也较高，尤其是西藏地区的青稞秸秆中高可达 0.096%[7]。β-葡聚糖的活性结构是由葡萄糖单位组成的多聚糖，它们大多数通过 β-1,3 和 β-1,4 糖苷键结合。许多研究认为，β-葡聚糖的作用与肠上皮细胞和肠道相关的淋巴组织的免疫功能及活性有关，它能够促进小肠的蠕动，提高结肠中益生菌的数量[8-11]；活化巨噬细胞、嗜中性粒细胞、B 淋巴细胞等，因此能提高白细胞介素（IL）、细胞分裂素和特殊抗体含量，全面刺激机体免疫系统，影响机体免疫机能[12]。

燕麦干草是青藏高原地区反刍动物中普遍应用的优质饲草，质地柔软，营养价值高[13-14]。且同青稞秸秆类似，燕麦干草中也含有丰富的 β-葡聚糖[15]。Long 等[16]报道，补饲青稞秸秆可提高放牧牦牛的生产性能。但相关研究不多，且尚无青稞秸秆对藏绵羊免疫机能影响的报道。因此，本试验旨在比较青稞秸秆和燕麦干草对生长藏绵羊体重、免疫器官发育及免疫性能的影响，为青稞秸秆的深度开发利用提供数据支撑。

1　材料与方法

1.1　试验设计

选择 18 只 4～5 月龄体况良好的河谷型藏绵羊[（16.13±2.33） kg]，随机分为 2 组，即：青稞组（青稞秸秆 300 g/d+精料 300 g/d）和燕麦组（燕麦干草 300 g/d+精料 300 g/d）。试验期共计 4 周，第 1 周为预试期，2～4 周为正试期。

1.2　饲养管理

试验羊单栏饲养，日喂 2 次（09:00 和 16:00），每次喂量相同。待精料食尽后，再饲喂切短至 3~5cm 的粗料，次日晨饲前收集剩料，自由饮水。参照我国《肉羊饲料标准》（NY/T 816-2004）营养需要配制粉状配合饲料，饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of diets (DM basis)　　%

项目 Items	青稞组 Highland barley group	燕麦组 Oat group
原料 Ingredients		
青稞秸秆 Highland barley straw	50.00	
燕麦干草 Oat hay		50.00
玉米 Corn	23.50	23.50
豆粕 Soybean meal	2.25	2.25
麦麸 Wheat bran	21.20	21.20

脂肪粉 Palm oil	0.45	0.45
碳酸钙 $CaCO_3$	0.35	0.35
预混料 Premix[1)]	1.80	1.80
食盐 NaCl	0.45	0.45
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]		
干物质 DM	96.70	95.50
粗蛋白质 CP	5.94	7.39
粗脂肪 EE	2.76	3.01
酸性洗涤纤维 ADF	30.00	26.40
中性洗涤纤维 NDF	53.90	48.30
粗灰分 Ash	5.89	6.54
钙 Ca	0.64	0.66
有效磷 AP	0.31	0.37

[1)]每千克预混料含有 One kg of premix contained the following：VA 90 000 IU，VD 20 000 IU，$MgSO_4 \cdot H_2O$ 340 g，$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 5 g，$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 2 g，$MnSO_4 \cdot H_2O$ 6 g，$ZnSO_4 \cdot H_2O$ 10 g，Na_2SeO_3 0.03 g，KI 0.08 g，$CoCl \cdot 6H_2O$ 0.06 g。

[2)] 营养水平为实测值。Nutrient levels were measured values.

1.3 体重、日增重测定

于正试期第 1 天和正试期最后 1 天晨饲前空腹称重，计算日增重。

1.4 样品采集与分析

正试期间采集饲料样品，混匀后用于测定干物质、粗脂肪、粗蛋白质、酸性洗涤纤维、粗灰分、钙和磷含量，测定参照张丽英[17]的方法。

正试期最后 1 天晨饲前经颈静脉采集血液，3 500 r/min（相对离心力 1 100×*g*）离心 10 min 分离血清后，-20 ℃冷冻保存，用于测试免疫球蛋白（Ig）、溶菌酶含量，酸性磷酸酶（acid phosphatase，ACP）活性和免疫相关细胞因子含量；正试期结束后第 2 天，根据公母各占 1/2 原则，2 组分别选择 6 只，共 12 只进行屠宰采样，经颈部放血后，分离胸腺和脾脏组织，称重并采集组织样于液氮中速冻，后-80 ℃冷冻保存，测定免疫相关细胞因子含量。

脾脏指数=脾脏重量（g）/体重（kg）。

1.4.1 血清 Ig 含量测定

采用酶联免疫分析（ELISA）法（MB-530 酶标仪，深圳汇松科技发展有限公司），按照试剂盒（武汉华美生物工程有限公司）说明书测定血清中 IgG、IgA 和 IgM 含量。

1.4.2 血清溶菌酶含量和酸性磷酸酶活性测定

溶菌酶含量测定采用 ELISA 法（MB-530 酶标仪，深圳汇松科技发展有限公司），按照试剂盒（武汉华美生物工程有限公司）说明书测定；酸性磷酸酶活性采用 ELISA 法（Infinite M200 PRO 酶标仪，瑞士 TECAN），按照试剂盒（南京建成生物工程研究所）说明书测定。

1.4.3 血清和免疫器官细胞因子含量测定

采用 ELISA 法（MB-530 酶标仪，深圳汇松科技发展有限公司），按照试剂盒（武汉华美生物工程有限公司）说明书测定血清、胸腺和脾脏中的 IL-2、IL-4、IL-6、IL-10 和干扰素 γ（IFN-γ）含量。

1.5 数据统计分析

经 Dixon 和 Grubbs 检验法剔除极端数据后，用 SPSS 19.0 对数据进行统计分析，采用一般线性模型（GLM），处理为固定因子，动物体重为协变量，在 Alpha=0.05 下对处理效应进行显著性分析。

2 结 果

2.1 体重、日增重、脾脏重量及脾脏指数

由表 2 可见，青稞组与燕麦组藏绵羊的体重、日增重、脾脏重和脾脏指数差异不显著（*P*>0.05）。

表 2 青稞秸秆和燕麦干草对藏绵羊体重、日增重、脾脏重量及脾脏指数的影响

Table 2 Effects of highland barley straw and oat hay on body weight, daily gain, spleen weight and spleen index in Tibetan sheep

项目 Items	青稞组 Highland barley group	燕麦组 Oat group	*P* 值 *P*-value
初始重 Initial body weight/kg	16.17±2.84	16.08±1.96	0.954
终末重 Final body weight/kg	20.69±2.57	20.73±0.62	0.970
日增重 Daily gain/(g/d)	215.48±60.00	221.43±88.78	0.894
脾脏重 Spleen weight/g	38.68±9.56	42.24±8.11	0.474
脾脏指数 Spleen index/(g/kg)	1.85±0.30	2.04±0.43	0.418

2.2 血清Ig、溶菌酶含量和酸性磷酸酶活性

由表 3 可见，青稞组与燕麦组中藏绵羊血清中 IgG、IgA、IgM、溶菌酶含量和酸性磷酸酶活性均无显著差异（*P*>0.05），但青稞组中溶菌酶含量高于燕麦组的趋势（*P*=0.083）。

表 3 青稞秸秆和燕麦干草对藏绵羊血清免疫球蛋白、溶菌酶含量和酸性磷酸酶活性的影响

Table 3 Effects of highland barley straw and oat hay on contents of Igs and lysozyme and ACP activity in serum

in Tibetan sheep

项目 Items	青稞组 Highland barley group	燕麦组 Oat group	*P* 值 *P*-value
免疫球蛋白 G IgG/(mg/mL)	69.48±23.97	73.95±13.94	0.716
免疫球蛋白 A IgA/(mg/mL)	5.44±2.28	5.88± 0.76	0.653
免疫球蛋白 M IgM/(mg/mL)	7.19±3.56	8.13±2.23	0.613
酸性磷酸酶 ACP/(U/mL)	1.07±0.48	0.99±0.46	0.766
溶菌酶 Lysozyme/(μg/mL)	2.20±0.79	1.11±0.89	0.083

2.3 血清、胸腺和脾脏中细胞因子含量

由表 4 可见，青稞组与燕麦组的血清、胸腺和脾脏中 IL-2、IL-4、IL-6、IL-10 和 IFN-γ 含量差异均不显著（*P*>0.05）。从数值上比较，在胸腺中，青稞组藏绵羊细胞因子 IL-2、IL-4、IL-6、IL-10 和 IFN-γ 的含量都高于燕麦组；而在脾脏中，青稞组中上述各细胞因子含量全都低于燕麦组。

表 4 青稞秸秆和燕麦干草对藏绵羊血清、胸腺和脾脏细胞因子 IL-2、IL-4、IL-6、IL-10 和 IFN-γ 含量的影响

Table 4 Effects of highland barley straw and oat hay on contents of IL-2, IL-4, IL-6, IL-10 and IFN-γ in serum, thymus and spleen in Tibetan sheep

项目 Items	组织 Tissue	青稞组 Highland barley group	燕麦组 Oat group	*P* 值 *P*-value
白细胞介素 2 IL-2	血清 Serum/(pg/mL)	26.96±12.78	31.89±16.86	0.890
	胸腺 Thymus/(ng/g)	51.62±7.46	43.04±7.87	0.138
	脾脏 Spleen/(ng/g)	24.87±7.24	29.16±5.08	0.253
白细胞介素 4 IL-4	血清 Serum/(pg/mL)	14.20±12.46	6.65±2.39	0.168
	胸腺 Thymus/(ng/g)	42.19±16.02	30.91±4.67	0.132
	脾脏 Spleen/(ng/g)	12.26±4.24	14.57±5.22	0.420
白细胞介素 6 IL-6	血清 Serum/(pg/mL)	1.00±0.72	1.09±1.09	0.619
	胸腺 Thymus/(ng/g)	0.83±0.16	0.76±0.14	0.553
	脾脏 Spleen/(ng/g)	0.42±0.07	0.44±0.09	0.686
白细胞介素 10 IL-10	血清 Serum/(pg/mL)	32.64±1.80	33.35±2.52	0.437
	胸腺 Thymus/(ng/g)	68.66±13.91	65.00±27.06	0.670
	脾脏 Spleen/(ng/g)	17.80±3.64	19.15±2.46	0.486
干扰素 γ IFN-γ	血清 Serum/(pg/mL)	5.08±3.47	3.87±1.55	0.650
	胸腺 Thymus/(ng/g)	7.88±2.24	6.15±0.86	0.112

脾脏 Spleen/(ng/g)	3.21±0.78	3.53±0.92	0.534

3 讨 论

3.1 青稞秸秆和燕麦干草对体重、日增重、脾脏重量及脾脏指数的影响

青稞秸秆和燕麦干草可以作为青藏高原地区主产的大宗饲草料。Long 等[16]研究发现补饲青稞秸秆可减少冷季放牧母牦牛体重的损失量；Long 等[18]补饲青稞秸秆可使母牦牛产犊率提高 19%，改善母牦牛性激素水平；但青稞秸秆在绵羊中饲喂价值的研究尚未见报道。经实测，本试验所用青稞秸秆粗蛋白质含量 1.42%，低于燕麦干草（4.34%），青稞秸秆中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量分别为 70.9%和 45.8%，高于燕麦干草（分别为 59.7%和 38.7%），但粗脂肪含量较接近，青稞秸秆为 1.2%，燕麦干草为 1.7%，与其他研究测定的各营养成分值接近[4-6]，总体上燕麦营养价值较优。但此试验在每只羔羊补喂精料 300 g/d 条件下，以青稞秸秆或燕麦干草作为唯一粗饲料来源，发现对藏绵羊体重和日增重均无显著差异，表明青稞秸秆可作为生长期藏绵羊的粗饲料来源。

免疫器官的重量可作为免疫功能的评价指标，而脏器指数常反映器官的生理功能状态。本试验发现，饲喂青稞秸秆或燕麦干草的藏绵羊脾脏重及脾脏指数均无显著差异。β-葡聚糖作为一种功能性多糖，大部分不能被消化吸收，单胃动物中主要在大肠内被微生物菌群不同程度地发酵利用，之后主要以粪便的形式代谢排出体外，但少部分可经吸收进入肝脏、心脏、肾脏等组织[9]，少量 β-葡聚糖并不能影响机体的整体免疫功能[19]。但 β-葡聚糖的免疫功能研究多见于猪、禽、鼠及水产动物[10-11,20]，在反刍动物中较少。且 β-葡聚糖在反刍动物中的消化吸收和代谢机制尚未深入研究，尽管其在青稞秸秆或燕麦干草含量都较高，但推测粗饲料中以 β-葡聚糖形式吸收的数量较少，因而在本试验中，青稞秸秆与燕麦干草对藏羊脾脏发育的影响未呈现出显著差异。

3.2 青稞秸秆和燕麦干草对血清 Ig、溶菌酶含量和酸性磷酸酶活性的影响

IgG 和 IgM 是介导体液免疫的主要效应分子，IgA 是介导黏膜免疫反应产生的主要效应分子，这 3 类抗体水平是反映机体免疫状况的重要指标，而酸性磷酸酶和溶菌酶主要反映机体的非特异性免疫状况。周怿等[21-22]在断奶犊牛饲粮中添加 75 mg/kg 的酵母 β-葡聚糖可显著增加犊牛血清中 IgG 和 IgM 含量，但对 IgA 含量无显著影响，且随着饲粮中 β-葡聚糖含量的增加，犊牛血清中溶菌酶含量逐渐升高;在羔羊中添加酵母 β-葡聚糖可提高血清 IgG 含量[23]，可调节母羊乳腺中的非特异性免疫[24]。沙葱多糖也可提高肉羊肠道分泌型免疫球蛋

白 A(slgA)含量，改善肠道黏膜形态结构和菌群状况，完善肠道黏膜免疫系统，增强肉羊机体免疫功能[25]。本试验发现，与燕麦组相比，青稞组的藏绵羊血清中 IgG、IgA、IgM、溶菌酶含量和酸性磷酸酶活性均无显著变化，与上述研究结果不一致，推测这可能是由于粗饲料 β-葡聚糖含量比上述研究的低，多糖类型和结构也存在差异，引起的免疫学效应不同。但相比燕麦组，青稞组溶菌酶含量有提高的趋势，溶菌酶可通过水解细菌细胞壁肽聚糖中的 β-1,4 糖苷键，导致菌体细胞壁溶解而杀死细菌，抑制外源微生物生长，从而可直接提高藏绵羊抗菌和抗病毒的能力。此外溶菌酶在反刍动物复胃中可转化为具有消化功能的酶[26]，协助复胃中菌体溶解得到菌体蛋白等，可改善藏绵羊营养物质供应，并间接提高机体适应能力。

3.3 青稞秸秆和燕麦干草对血清、胸腺和脾脏中细胞因子含量的影响

β-葡聚糖可激活淋巴细胞，通过释放促免疫细胞因子而参与免疫应答，刺激 B 淋巴细胞中调促炎症细胞因子肿瘤坏死因子 α（TNF-α）、IL-6 和 IL-8 等[19]。在羔羊饲粮中添加酵母 β-葡聚糖可提高血清 INF-γ 含量[23]。但本试验发现，用青稞秸秆替代燕麦干草不会影响胸腺和脾脏中 IL-2、IL-4、IL-6、IL-10 和 IFN-γ 的含量。但仅从数值上来看，青稞组中藏绵羊胸腺 IL-2、IL-4、IL-6、IL-10 和 IFN-γ 的含量都高于燕麦组，而脾脏中青稞组则全都低于燕麦组，可能预示青稞秸秆与燕麦干草对不同免疫器官细胞因子网络的调控机制不同，推测这可能与两者中所含的 β-葡聚糖结构不同有关[27-28]，需作进一步深入研究。

4 结　论

饲喂青稞秸秆替代燕麦干草不影响生长期藏绵羊的体增重及免疫性能，且有提高藏绵羊非特异性免疫因子（溶菌酶）含量的潜力。与适宜精饲料搭配，青稞秸秆可作为藏绵羊产业体系粗饲料来源。

参考文献：

[1] MARSETYO,TUFAIL M S,MBUKU S,et al.Utilisation of conserved forage to improve livestock production on smallholder farms in Asia and Africa[C]//Revitalising grasslands to sustain our communities:proceedings,22nd international grassland congress.Sydney:New South Wales Department of Primary Industry,2013:1731–1735.

[2] LONG R J,DONG S K,HU Z Z,et al.Digestibility,nutrient balance and urinary purine

derivative excretion in dry yak cows fed oat hay at different levels of intake[J].Livestock Production Science,2004,88(1/2):27–32.

[3] 李海朝,徐贵钰,汪航.青稞秸秆化学成分及纤维形态研究[J].生物质化学工程,2010,44(2):40–42.

[4] 张文会.青稞组成成分研究[J].青海畜牧兽医杂志,2014,44(3):14–15.

[5] 原现军.西藏地区农作物秸秆与牧草混合青贮研究[D].博士学位论文.南京:南京农业大学,2012.

[6] 姜文清.西藏牧草和作物秸秆营养类型研究[D].博士学位论文.兰州:兰州大学,2011.

[7] 宋萍,李文俊.青稞秸秆中β-葡聚糖含量的测定[J].特产研究,2009,31(1):50–52,56.

[8] 张培培.燕麦β-葡聚糖对大鼠肠道微环境和机体能量代谢的影响[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2010.

[9] 徐超.燕麦β-葡聚糖的体内代谢和抗运动疲劳作用机制研究[D].博士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2013.

[10] MOHARRERY A.Comparison of performance and digestibility characteristics of broilers fed diets containing treated hulled barley or hulless barley[J].Czech Journal of Animal Science,2006,51(3):122–131.

[11] O'SHEA C J,SWEENEY T,LYNCH M B,et al.The effect of introducing purified β-glucans to a wheat-based diet on total tract digestibility and gaseous manure emissions from pigs as compared with consumption of a β-glucan-rich,barley-based diet[J].Animal Feed Science and Technology,2011,165(1/2):95–104.

[12] LEGENTIL L,PARIS F,BALLET C,et al.Molecular interactions of β-(1→3)-glucans with their receptors[J].Molecules,2015,20(6):9745–9766.

[13] 潘美娟.燕麦草、羊草及其组合TMR日粮对奶牛瘤胃消化代谢的影响[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2012.

[14] 刘刚.青藏高原饲用燕麦种质资源评价与筛选[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2006.

[15] 郭丽娜.燕麦品种品质及其降血脂功效研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学

院,2014.

[16] LONG R J,DONG S K,WEI X H,et al.The effect of supplementary feeds on the bodyweight of yaks in cold season[J].Livestock Production Science,2005,93(3):197–204.

[17] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3版.北京:中国农业大学出版社,2007:48–80.

[18] LONG R J,ZHANG D G,WANG X,et al.Effect of strategic feed supplementation on productive and reproductive performance in yak cows[J].Preventive Veterinary Medicine,1999,38(2/3):195–206.

[19] ALI M F,DRISCOLL C B,WALTERS P R,et al.β-glucan-activated human B lymphocytes participate in innate immune responses by releasing proinflammatory cytokines and stimulating neutrophil chemotaxis[J].The Journal of Immunology,2015,195(11):5318–5326.

[20] HONG F,YAN J,BARAN J T,et al.Mechanism by which orally administered β-1,3-glucans enhance the tumoricidal activity of antitumor monoclonal antibodies in murine tumor models[J].The Journal of Immunology,2004,173(2):797–806.

[21] 周怿.酵母β-葡聚糖对早期断奶犊牛生长性能及胃肠道发育的影响[D].博士学位论文.北京：中国农业科学院,2010.

[22] 周怿,刁其玉,屠焰,等.酵母β-葡聚糖和抗生素对早期断奶犊牛生长性能和肠道菌群的影响[J].畜牧兽医学报,2010,41(6):685–691.

[23] KHALKHANE A S,ABBASI K,ZADEH F S,et al.Effect of dietary beta-glucan supplementation on humoral and cellular immunologic factors in lambs[J].Global Veterinaria,2013,11(1):38–43.

[24] WALLER K P,COLDITZ I G.Effect of intramammary infusion of beta-1,3-glucan or interleukin-2 on leukocyte subpopulations in mammary glands of sheep[J].American Journal of Veterinary Research,1999,60(6):703–707.

[25] 宋巴达玛.沙葱多糖对肉羊免疫机能和抗氧化作用的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.

[26] DOBSON D E,PRAGER E M,WILSON A C.Stomach lysozymes of

ruminants.I.Distribution and catalytic properties[J].The Journal of Biological Chemistry,1984,259(18):11607–11616.

[27] RYU J H,LEE S,YOU S G,et al.Effects of barley and oat β-glucan structures on their rheological and thermal characteristics[J].Carbohydrate Polymers,2012,89(4):1238–1243.

[28] MIKKELSEN M S,JESPERSEN B M,LARSEN F H,et al.Molecular structure of large-scale extracted β-glucan from barley and oat:identification of a significantly changed block structure in a high β-glucan barley mutant[J].Food Chemistry,2013,136(1):130–138.

Effects of Highland Barley Straw on Body Weight Gain and Immune Indexes in Growing Tibetan Sheep

ZHOU Xiaoling[1,2,3] YAN Qiongxian[1,4*] TONG Haiou[1,4] ZHOU Chuanshe[1,5] TANG Shaoxun[1,5] HAN Xuefeng[1,5] TAN Zhiliang[1,5*]

(1. *Key Laboratory for Agro-Ecological Processes in Subtropical Region, Hunan Provincial Engineering Research Center for Healthy Livestock and Poultry Production, South-Central Experimental Station of Animal Nutrition and Feed Science in Ministry of Agriculture, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha* 410125, *China*; 2. *University of Chinese Academy of Science, Beijing* 100049, *China*; 3. *College of Animal Science, Tarim University, Alaer* 843300, *China*; 4. *Hunan Co-Innovation Center for Utilization of Botanical Functional Ingredients, Changsha* 410128, *China*; 5.*Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety, Changsha* 410128, *China*)

Abstract: Highland barley straw was used to substitute oat hay for the study on the effects on body weight gain and immune indexes in growing Tibetan sheep. Eighteen healthy 4- to 5-month old Valley Tibetan sheep were selected and randomly divided into 2 groups, which were highland barley group (highland barley straw 300 g/d + concentrate 300 g/d) and oat group (oat hay 300 g/d + concentrate 300 g/d). Test period lasted for 4 weeks, the first week was pre-test period, 2 to 4 weeks were formal test period. After formal test period, according to the principle of half-and-half

*Corresponding authors： YAN Qiongxian, assistant professor, E-mail： yanqx14@isa.ac.cn； TAN Zhiliang, professor, E-mail： zltan@isa.ac.cn (责任编辑 王智航)

of ewe and ram, six sheep per group were selected to slaughter and sample. The results showed as follows: body weight, daily gain, spleen weight and spleen index in Tibetan sheep between highland barley group and oat group were not significantly different (P>0.05); serum immunoglobulin (Ig) G, IgA, IgM and lysozyme contents acid, and phosphatase activity showed no significant difference between two groups (P>0.05), but lysozyme content in highland barley group had a trend to be improved compared with that in oat group (P=0.083); interleukin (IL)-2, IL-4, IL-6, IL-10 and interferon γ (IFN-γ) contents in serum, thymus and spleen in two groups were not significantly different (P>0.05). As a whole, compared to oat hay, feeding highland barley straw to Tibetan sheep can’t reduce body weight gain and impair immune function, and it has the potential to improve the content of lysozyme as a non-specific immune factor in serum. Highland barley straw can be used as a source of roughage in Tibetan sheep.

Key words: highland barley straw; weight gain; immune index; Tibetan sheep